УДК 004.89:004.93

К.В. Мурыгин
Институт проблем искусственного интеллекта
МОН Украины и НАН Украины, г. Донецк
Украина, 83048, г. Донецк, ул. Артема, 118 б

Сегментация символов автомобильного номерного знака с учетом изменений ракурса съемки и затенения изображений

K.V. Murygin
Institute of Artificial Intelligence
MES of Ukraine and NAS of Ukraine, c. Donetsk
Ukraine, 83048, c. Donetsk, Artema st., 118 b

Car Plate Symbols Segmentation with Consideration of Perspective Deformation and Partial Shadowing of Car Plate Images

К.В. Муригін
Інститут проблем штучного інтелекту
МОН України і НАН України, м. Донецьк
Україна, 83048, м. Донецьк, вул. Артема 118 б

Сегментація символів автомобільного номерного знаку з врахуванням змін в ракурсі зйомки та затемнення зображень

В статье рассмотрены методы решения задачи сегментации символов на изображениях номерных знаков автотранспортных средств на основе сопоставления с моделями расположения символов. Предложенные методы сопоставления позволяют учесть искажения в положении символов, связанные с ракурсом съемки автомобильного номерного знака, а также увеличить качество сегментации символов на изображениях с частичным затенением автомобильного номера.
Ключевые слова: сегментация символов, обработка изображений, анализ изображений.

In the article, methods for car plate symbols segmentation on the basis of comparison to models of arrangement of symbols are considered. The offered methods for comparison allow to consider distortions in position of symbols connected with perspective differences and also to increase quality of segmentation of symbols in images with partial shadowing of a car plate.
Key words: segmentation, image processing, image analysis.

Розглянуто методи вирішення задачі сегментації символів на зображеннях номерних знаків автотранспортних засобів на основі зіставлення з моделями розташування символів. Запропоновані методи зіставлення дозволяють врахувати відхилення в розташуванні символів, які пов’язані з ракурсом зйомки автомобільного номерного знаку, а також покращити якість сегментації символів на зображеннях з частковим затемненням автомобільного номеру.
Ключові слова: сегментація символів, обробка зображень, аналіз зображень.

Введение

Сегментация символов является важным промежуточным этапом при обработке изображений автотранспортных средств с целью автоматического считывания автомобильного номера. В рамках сложившихся подходов к решению общей задачи распознавания автомобильных номеров, сегментация символов проводится после этапа обнаружения номерного знака и его нормализации [1], и перед выполнением операции распознавания символов [2]. Качество распознавания символов во многом зависит от качества проведенной сегментации, что определяет важность этого этапа в цикле обработки входных данных в системах распознавания номеров. Небольшие отклонения в определении положения символов могут быть учтены на этапе распознавания символов за счет использования методов, допускающих большую вариативность входных данных. Это, как правило, приводит к увеличению вычислительной сложности этапа распознавания и не гарантирует достижения высокой результативности распознавания.

В работе [3] предложен метод сегментации символов на изображениях автомобильных номеров [4], основанный на сопоставлении с реальным изображением номера различных моделей расположения символов. При поиске соответствия модели изображению допускались линейные искажения геометрии номера, такие, как сжатие и растяжение независимо по горизонтали и вертикали. Нахождение максимального значения критерия соответствия модели изображению позволяет определить найденный тип модели расположения символов, и их положение на изображении. Преимуществом предложенного метода является независимость от алфавита используемых в номере символов. Кроме этого, метод позволяет определить тип модели расположения символов, что часто дает априорную информацию о принадлежности символов к буквам или цифрам и упрощает дальнейшее распознавание. Метод устойчиво работает с частично смазанными или размытыми изображениями, существенными искажениями отдельных символов (загрязнение и т.п.) – модель «достраивает» положение символа на основе расположения других символов. Вместе с этим, следует отметить ряд недостатков предложенного метода. Во-первых, в связи с различными условиями получения изображений, номерные знаки могут иметь значительные искажения, связанные с ракурсом съемки, которые не могут быть учтены линейными искажениями модели типа сжатие или растяжение. Во-вторых, предложенный критерий соответствия модели реальному изображению дает высокий процент ошибок на частично затененных изображениях номерных знаков.

Целью данной работы является модификация предложенного метода сегментации символов в направлении увеличения его качественных показателей в условиях перспективных искажений изображений номерных знаков и их частичного затенения.

Изменение модели номера при изменении ракурса съемки

При изменении ракурса съемки изображение номерного знака может существенно изменяться нелинейным образом в связи с перспективными искажениями. Следовательно, изменениям подвергнутся относительное положение и размеры символов, учесть которые за счет сжатия и растяжения модели по горизонтали и вертикали невозможно в силу их линейности. На рис. 1 показана модель получения перспективных искажений изображений номерных знаков, рассматриваемая в данной работе.

На рис. 1 номерной знак в плоскости наблюдения представляется отрезком AB. Реальное положение номерного знака при съемке может отклоняться от его нормального

положения в плоскости Y, параллельной фокальной плоскости X на произвольный угол φ. Тогда в повернутой на угол φ плоскости X` номерной знак будет соответствовать отрезку A`B`. Можно показать, что линейная координата в отрезке A`B` с точностью до масштабного коэффициента связана с линейной координатой в отрезке AB следующим соотношением:

$$x = \frac{x`}{1 + kx`}, \tag{1}$$

где x – координата в плоскости наблюдения X, x` – координата в плоскости X`, k – коэффициент перспективного искажения. С учетом соотношения (1) можно выполнять искажения модели в процессе ее подгонки под реальное изображение с учетом возможных перспективных искажений, диапазон которых регулируется диапазоном изменения параметра k.

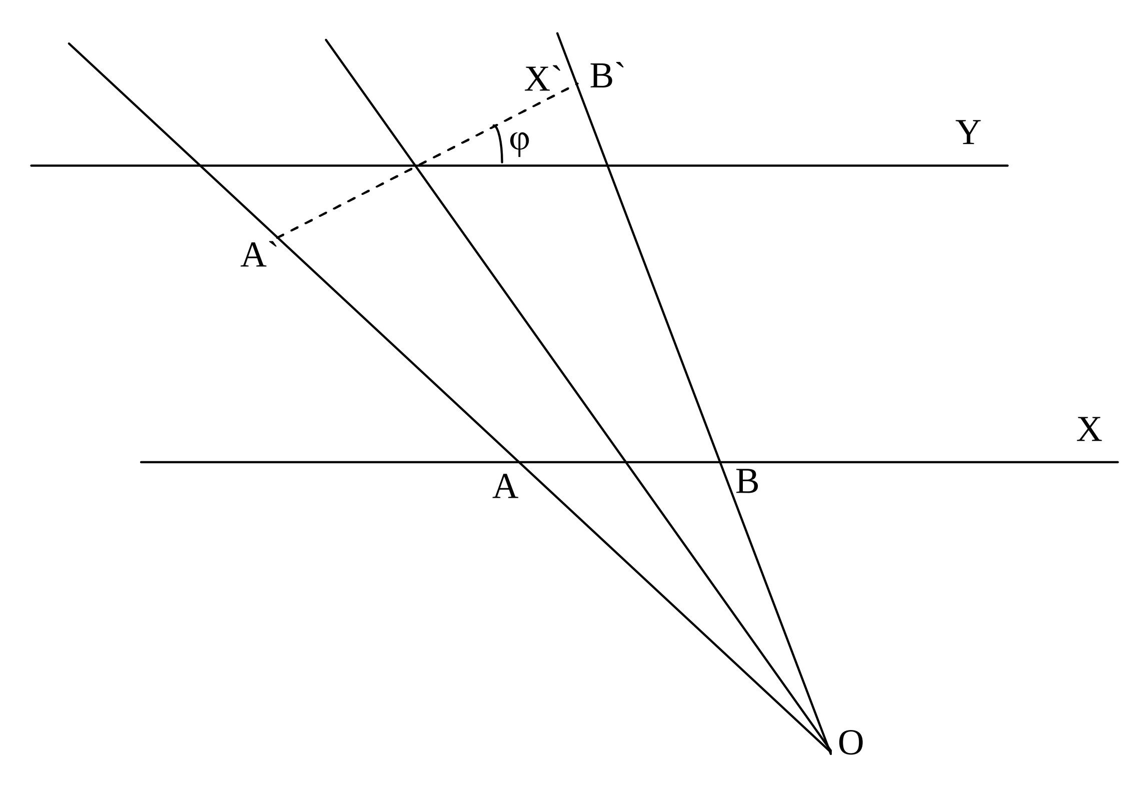


Рисунок 1 – Проекция на горизонтальную плоскость модели получения перспективных искажений

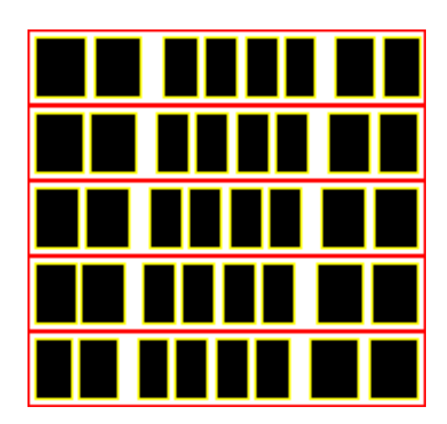


Рисунок 2 – Примеры искажения модели расположения символов с учетом перспективных искажений

На рис. 2 показаны примеры искажения модели расположения символов с учетом перспективных искажений при съемке номерного знака. Центральное изображение модели соответствует отсутствию перспективных искажений.

Предложенная выше модель обработки перспективных искажений изображений номерных знаков позволяет успешно выделять символы на изображениях номерных знаков, полученных при разных ракурсах съемки. На рис. 3 приведен пример обработки реального изображения с целью сегментации символов автомобильного номера.



а)

AA5926IX

б)

Рисунок 3 – Пример сегментации символов на изображении номерного знака с учетом перспективных искажений: исходное изображение (а), результат сегментации символов (б)

Обработка затененных изображений

При обработке частично затененных изображений номерных знаков предложенный метод сопоставления с моделью расположения символов часто приводит к ошибкам. Это связано со значительным отличием частично затененного изображения номера и изображения модели согласно используемому критерию соответствия. Сопоставление модели с изображением в данном случае приводит к ошибочному определению в качестве номера его части, внутри которой яркость фона изменяется незначительно. В силу случайного характера возможного затенения номера учесть это искажение в модели и критерии сопоставления достаточно сложно. Вместо этого предлагается внести в алгоритм сегментации символов предварительную обработку изображения, уменьшающую эффект затенения изображения. На рис. 4 приведен пример номерных знаков с частичным затенением изображения номера.

Для уменьшения эффекта искажения изображения номера при его частичном затенении предлагается использовать операцию локального контрастирования. Используемый алгоритм локального контрастирования заключается в вычислении в каждой точке изображения взвешенного среднего с использованием в качестве значения весов гауссовской функции с центром в центральной точке окна обработки. При использовании окна размером 5×5 пикселей в качестве гауссовской маски весов использовалась маска:

$$M_{ij} = \frac{1}{32}\begin{vmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 8 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{vmatrix}.$$

Тогда взвешенное среднее значение в центральной точке окна может быть получено согласно выражению:

$$MID_{kl} = \sum_{ij} PIC_{k+i,l+j} M_{ij},$$

где MID_{kl} – взвешенное среднее в центральной точке окна, PIC – исходное изображение, суммирование ведется по окну обработки.



Рисунок 4 – Пример номерных знаков с частичным затенением изображения номера

Новое значение яркости в центральной точке окна, получаемое в ходе локального контрастирования, вычисляется согласно выражению:

$$LOC_{kl} = \begin{cases} 128 \cdot PIC_{kl} / MID_{kl}, 128 \cdot PIC_{kl} / MID_{kl} < 255, \\ 255, \text{иначе.} \end{cases}$$

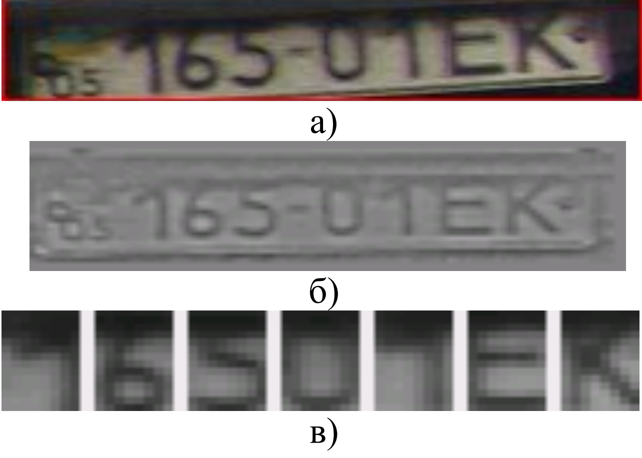
Пример выполнения операции локального контрастирования показан на рис. 5.



а) б)

Рисунок 5 – Пример локального контрастирования изображений номерных знаков: исходные изображения (а), результат локального контрастирования (б)

В результате применения локального контрастирования к исходным изображениям номерных знаков уменьшается влияние частичного затенения номера на результат сегментации символов. Пример выполнения операции сегментации после применения локального контрастирования показан на рис. 6.



в)

Рисунок 6 – Пример выполнения операции сегментации после применения локального контрастирования: исходные изображения (а), результат локального контрастирования (б), результат сегментации символов (в)

Выводы

В данной работе предложены усовершенствования метода сегментации символов на изображениях автомобильных номеров в направлении учета перспективных искажений изображений и возможного частичного затенения номера. Предложенные усовершенствования позволили увеличить качество распознавания автомобильных номеров в более широком диапазоне возможных искажений. Тестирование предложенных усовершенствований на базе, содержащей 1007 изображений, полученных с различных ракурсов съемки (до 60 градусов по горизонтали и до 40 по вертикали), показало уменьшение ошибки распознавания номеров с 19% до 11% по сравнению с использованием метода сегментации, описанного в [3].

Литература

1. Мурыгин К.В. Обнаружение автомобильных номеров на основе смешанного каскада классификаторов / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2010. – № 2. – С. 147-152.
2. Мурыгин К.В. Применение МКВ-классификатора для распознавания символов автомобильных номеров / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. – 2011. – № 4. – С. 203-206.
3. Мурыгин К.В. Нормализация изображения автомобильного номера и сегментация символов для последующего распознавания / К.В. Мурыгин // Искусственный интеллект. –2010. – № 3. – С. 364-369.
4. Національний стандарт України, ДСТУ 4278:2004: дорожній транспорт. Знаки номерні транспортних засобів, с. 2.

Literatura

1. Murygin K.V. Iskusstvennyj intellect. 2010. № 2. S. 147-152.
2. Murygin K.V. Iskusstvennyj intellect. 2011. № 4. S. 203-206.
3. Murygin K.V. Iskusstvennyj intellect. 2010. №.3. S. 364-369.
4. Nacionalnij standart Ukrajny, DSTU 4278:2004: dorojnij transport. Znaky nomerni transportnyh zasobiv. S. 2.

K.V. Murygin

Car Plate Symbols Segmentation with Consideration of Perspective Deformation and Partially Shadowing of Car Plate Images

In the article, updating of the car plate symbols segmentation method based on comparison of symbols arrangement models with the real image is considered. The offered updating of the method is based on taking into account possible perspective distortions of the license plate and partial shadowing of plate images.

For the consideration of perspective distortions, it is offered to expand possibilities of a variation of models of symbols arrangement, considering expression (1). It would allow more flexibly model matching with the real image and more precisely defining the positions of symbols in the conditions of perspective distortions of license plates images.

For increase of quality of symbols segmentation in the conditions of partial shadowing of license plates, it is offered to use preliminary processing of the entrance image of the license plate, based on local contrast algorithm. Applying of local contrast algorithm to entrance images has allowed reducing influence of partial shadowing of plates on the result of segmentation of symbols.

Testing of the offered improvements on the base containing 1007 images received from various foreshortenings (to 60 degrees across and to 40 on a vertical) has shown reduction of a recognition error of plates from 19% to 11% in comparison with use of the method of the segmentation described in [3].

Статья поступила в редакцию 19.12.2011.